

PRINZ & PARTNER GbR

PATENTANWÄLTE
EUROPEAN PATENT ATTORNEYS
EUROPEAN TRADEMARK ATTORNEYS

10/589271

Manzingerweg 7
D-81241 München
Tel.: + 49 89 89 69 8-0
Fax: + 49 89 89 69 8-211
Email: info@prinzundpartner.de

IAP11 Rec'd PCT/PTO 11 AUG 2006

3. Februar 2005

Unser Zeichen: C 3929 WO

Anmelder: corpus.e AG
Senefelderstrasse 8
70178 Stuttgart, DE

MASSEN, Robert
Am Rebberg 29
78337 Öhningen-Wangen, DE

RUTSCHMANN, Dirk
Reinsburgstrasse 160
70179 Stuttgart, DE

REINHARD, Holger
Arnoldstrasse 15
47906 Kempen, DE

Titel: Optische Erfassung der Raumform von Körpern und Körperteilen
mit optisch teilweise nicht einsehbaren Partien

**Optische Erfassung der Raumform von Körpern und Körperteilen
mit optisch teilweise nicht einsehbaren Partien**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Erfassung der Raumform
5 von Körpern und Körperteilen mit teilweise nicht einsehbaren Partien sowie eine
Anordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Die optische Erfassung der 3-dimensionalen Form von Körpern und
Körperteilen mit Hilfe von sog. 3D-Scannern entwickelt sich zu einer wichtigen
Technologie bei der Produktion von an den menschlichen Körper angepaßten
10 Produkten wie Bekleidung, Schuhwerk, Sportstützen, orthopädische und
medizinische Hilfen u.ä.. Die Verfügbarkeit sehr kostengünstiger, auf der
Kombination von Bildverarbeitung und Photogrammetrie beruhenden Verfahren
macht diese Technik insbesondere für orthopädische Anwendungen interessant. In
der EP 0760 622 des Erfinders Robert Massen wird das grundsätzliche Verfahren
15 eines besonders kostengünstigen 3D Scanners beschrieben, bei welchem das zu
digitalisierende Körperteil mit einem elastischen Überzug versehen wird, welcher
photogrammetrisch auswertbare Marken trägt. Mit Hilfe einer oder mehrerer nur
grob positionierten Kameras werden überlappende Bilder aufgenommen und aus
dem Verbund dieser 2D Bilder automatisch ein 3D Modell des Körperteils erstellt.
20 Unter der Bezeichnung „3D Image“ wird dieses Verfahrens bereits von der Firma
Bauerfeind-Phlebologie AG aus Zeulenroda eingesetzt, um angepaßte
Kompressionsstrümpfe herzustellen (www.bauerfeind-phlebologie.de).

Wie bei allen optischen 3D Scannern hat aber auch dieses Verfahren die
Beschränkung, daß nur solche Teile eines Körpers digitalisiert werden können,
25 welche von den Kameras bildhaft erfaßt werden. Bei photogrammetrischen
Verfahren müssen alle zu digitalisierenden Körperteile sogar aus mindestens zwei
Ansichten bildhaft erfaßt werden, um aus den 2D Bildern das 3D Modell
berechnen zu können. Die nicht einsehbaren Körperpartien fehlen im 3D Modell.

Diese fehlenden Partien sind beispielsweise bei der Herstellung von Oberschenkelprothesen eine starke Einschränkung. Der anzupassende Schaft umfaßt den gesamten Oberschenkel und muß insbesondere im Bereich des Ramus (Beckenknochen im Damm-Bereich) einen festen und zum Ramus-Knochen in der Winkelstellung genau ausgerichteten physischen Kontakt haben. Dieser Bereich ist optisch aber nicht einsehbar. Er wird beim traditionellen Verfahren des Gipsabdrucks manuell vom Orthopäden abgetastet, um die Raumlage und Raumform des Ramus auf die Gipsform zu übertragen. Diese manuell erfaßten Daten liegen nicht in numerischer Form vor und sind damit nur sehr schwierig in ein automatisch erzeugtes 3D Teil-Modell nachzutragen. Die automatische Erfassung der Raumform des gesamten Oberschenkels zur Herstellung besonders gut passender Prothesenschafter ist damit nur eingeschränkt möglich.

Ein weiterer, bei den heutigen optischen 3D Scannern nicht zufriedenstellend gelöster Anwendungsfall ist die Ermittlung der Raumform für die maßgenaue Fertigung oder Maßselektion von Kompressionsstrümpfen bei fettleibigen Patienten, bei welchen der Bereich zwischen den Oberschenkeln für Kameras nicht einsehbar ist. In diesem Fall fehlen die benötigten genauen Umfangsmaße an diesen Stellen. Im optisch vollständig erfaßten Unterschenkelbereich hingegen können die Umfangsmaße mit hoher Genauigkeit aus dem (dort vollständigen) 3D Modell ermittelt werden. Eine reine Extrapolation im nichteinsehbaren Bereich des Oberschenkels ist ungenau, da der Querschnitt keine einfache Kreis- oder Ellipsenform aufzeigt.

Es besteht daher ein großes wirtschaftliches Interesse daran, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, welche bei dem optischen 3D Scannen von Körperteilen die von den optischen Systemen nicht einsehbaren Körperteile im erzeugten 3D Modell nicht ausläßt, sondern hierfür zumindestens räumliche Teilinformationen gleichzeitig mit den vollständigen Rauminformationen der vom 3D Scanner einsehbaren Körperteile erzeugt.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß zur optischen Erfassung der Raumform von Körpern und Körperteilen mit mindestens einem 3D Digitalisierer an die von dem mindestens einen 3D Digitalisierer nicht einsehbaren und

vermeßbaren Körperpartien formschlüssig mindestens eine formhaltige Meßhilfe so angebracht wird, daß diese in den von dem mindestens einen optischen 3D Digitalisierer einsehbaren Meßraum hineinragt, wobei diese mindestens eine Meßhilfe zumindest an einigen Stellen ihrer sich im einsehbaren Meßraum befindlichen Teile mit von dem mindestens einen 3D Digitalisierer auswertbaren Markierungen versehen ist, und wobei diese Markierungen sich in einer bekannten Raumlage bezüglich der übrigen Teile der Meßhilfe befinden. Die Raumlage und die Markierungen dieses für den mindestens einen 3D Digitalisierer sichtbaren Teils der Meßhilfe wird zusammen mit der Raumform der übrigen, einsehbaren Körperpartien ermittelt. Aus der gemessenen Raumlage des sichtbaren Teils der mindestens einen Meßhilfe werden geometrische Informationen wie Höhe, Winkel, Umfang, Krümmung u.ä. des oder der nicht-einsehbaren Körperteile ermittelt und diese Informationen werden zur ergänzenden Beschreibung der wegen der nicht-einsehbaren Partien unvollständig digitalisierten Raumform an diesen Stellen verwendet.

Die Erfindung betrifft auch eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens. Diese Anordnung umfaßt einen Körper oder ein Körperteil mit teilweise nicht-einsehbaren Partien und eine formstarre Meßhilfe mit photogrammetrisch auswertbaren Marken, die an mindestens einer der nicht einsehbaren Partien des Körpers/Körperteils (10) formschlüssig angebracht ist. Ein optischer 3D Digitalisierer erfaßt die Raumform der einsehbaren Körperpartien und zumindest einen sichtbaren Teil der Meßhilfe und übergibt Raumkoordinaten an einen Rechner, die vom 3D Digitalisierer von den einsehbaren Partien des Körpers oder Körperteils sowie von dem sichtbaren Teil der Meßhilfe ermittelt werden. Der Rechner ermittelt aus der gespeicherten Raumform der Meßhilfe, der bekannten Position der Marken der Meßhilfe bezüglich des am nicht-einsehbaren Körperteils fixierten Teils der Meßhilfe und aus der Raumposition der einsehbaren Teile des digitalisierten Körpers oder Körperteils geometrische Informationen über die Höhe, Winkel, Umfang, Krümmung u.ä. der nicht einsehbaren Körperpartien und verwendet diese geometrischen Informationen zur Ergänzung der wegen der nicht-einsehbaren Partien unvollständig digitalisierten Raumform.

Vorteilhafte Ausführungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen enthalten.

Dieser Erfindungsgedanke wird beispielhaft, aber nicht einschränkend, anhand von zwei Anwendungen aus dem Bereich der Orthopädie beschrieben:

- 5 a) der Bestimmung von Rauminformationen aus dem (nicht-einsehbaren) Bereich des Ramus (in der Nähe des Dammes) bei dem 3D Scannen von einem Oberschenkel zur Fertigung eines passenden Schaftes für eine Oberschenkelprothese

- b) der Bestimmung des Umfangs des (nicht vollständig einsehbaren) Oberschenkels bei fettleibigen Patienten zur Fertigung von angepaßten Kompressionsstrümpfen und
10 Kompressionsstrumpfhosen

Hierzu werden folgende Abbildungen benutzt:

Fig. 1 zeigt in der Ansicht von vorne die optisch nicht einsehbare Partie des Ramus bei einem Patienten, welcher eine Oberschenkelprothese benötigt;

- Fig. 2 zeigt eine starre Meßhilfe, welche vom Ramus aus bis in den einsehbaren
15 Teil des Meßraums hineinragt und wobei dieser Teil mit photogrammetrisch auswertbaren Marken versehen ist;

- Fig. 3 zeigt eine Meßhilfe in Form eines verstellbaren Ringes, welcher auf der einsehbaren Oberfläche mit photogrammetrisch auswertbaren Marken versehen ist und über einen ebenfalls markierten Gurt zur Umfangsbestimmung an den nicht einsehbaren
20 Stellen des Oberschenkels verfügt;

 Fig. 4 zeigt einen Patienten für die Kompressionsstrumpfversorgung, bei dem die Oberschenkelpartie nicht einsehbar ist, und bei welchem über einen markierten Gurt das Umfangsmaß im nicht einsehbaren Oberschenkelbereich mit einem 3D Scanner ermittelt wird.

- 25 Der eine Oberschenkelprothese benötigende Patient wird traditionell so versorgt, daß manuell ein Gipsabdruck von dem Oberschenkel abgenommen wird. Hierbei

drückt der Orthopäde fachmännisch den noch weichen Gips im Bereich des Ramus manuell in die passende Position, entsprechend der individuellen lokalen Anatomie des männlichen oder weiblichen Patienten.

Für den Fall des automatischen 3D Digitalisierens des Oberschenkelstumpfes
5 möchten wir den Erfindungsgedanken am Beispiel des 3D Digitalisierens mit einer 3D-Technologie nach der og. EP 0760 622 beschreiben. Diese Technik wird unter dem Markennamen „The MagicalSkin Scanner®“ von der Firma corpus.e AG, Stuttgart kommerzialisiert (siehe www.corpus-e.com). Es ist selbstverständlich, daß der Erfindungsgedanke nicht auf diese spezielle, auf der Photogrammetrie beruhende 3D
10 Digitalisier-Technologie beschränkt ist, sondern ebenso auf 3D Digitalisierer, welche nach dem Streifenprojektions-Verfahren, nach dem Lasertriangulations-Verfahren, nach dem Silhouettenschnitt-Verfahren oder anderen, dem Fachmann bekannte 3D Digitalisier-Methoden beruhen, anwendbar ist.

Figur 1 zeigt einen nur teilweise dargestellten Patienten und einen schematisch
15 angedeuteten 3D-Digitalisierer 2 mit angeschlossenem Rechner 3.

Nach Fig. 1 wird der Gliedstumpf 10 des aufrecht auf einer photogrammetrisch markierten Bodenplatte 13 stehenden Patienten mit einem elastischen, mit photogrammetrisch auswertbaren Marken versehenen elastischen Überzug 12 bekleidet. Die Marken sind nur beispielhaft angedeutet; sie können aus
20 verschiedenartig codierten Mustern bestehen, welche dem Fachmann der Photogrammetrie bekannt sind. In der DE 101 13 211.5 des Erfinders Robert Massen sind verschiedene, besonders für eine automatische Auswertung geeignete photogrammetrische Markierungssysteme beschrieben, welche sich sowohl für die Markierung der Bodenplatte als auch für die Markierung des elastischen Überzugs
25 eignen. Der Patient steht auf der mit photogrammetrischen Marken versehenen Platte 13, welche das Weltkoordinatensystem definiert und gleichzeitig einen absoluten Maßstab darstellt, welcher für die Gewinnung absoluter XYZ Koordinaten benötigt wird. Bei der für diese Technologie üblichen Aufnahme des markierten Stumpfes durch eine Reihe von ringsum aufgenommen Bildern mit einer Digitalkamera bleibt

der Bereich zwischen den beiden Oberschenkeln nicht einsehbar. Von dieser Körperpartie können daher keine 3D Daten gewonnen werden.

Insbesondere fehlt die Höhenkoordinate 14 des Ramus-Knochen im Bereich des Dammes und der Ramus-Winkel α 15 unter dem der Prothesenschaft aufliegt und beim späteren Tragen der Prothese einen signifikanten Teil des Körpergewichtes aufnimmt.

Erfindungsgemäß wird nach Fig. 2 eine längliche, nach oben abknickende Meßhilfe 16 an der Innenseite des Oberschenkelstumpfes 10 und in Höhe des Dammes in physischem Kontakt mit dem Ramus so befestigt, daß sie in Richtung des Ramus-Winkel aus dem nichteinsehbaren Bereich in den einsehbaren Außenraum hereinragt. Durch den Knick wird erreicht, daß das sichtbare, markierte Ende 17 der Meßhilfe sich in einer Raumstellung befindet, welche keine der zu digitalisierende Körperpartien abdeckt, im vorliegenden Beispiel der Unterbauch. Die Befestigung kann beispielsweise mit Hilfe eines Klettverschlusses an den elastischen Überzug geschehen.

Das frei sichtbare Ende der Meßhilfe wird gleichzeitig mit den einsehbaren Körperpartien beim Digitalisiervorgang erfaßt und die genaue Raumlage der Markierungen sowohl der Meßhilfe als auch der einsehbaren Körperteile bestimmt. Da die Hilfe formstarr ist, kann von den XYZ Koordinaten dieser Markierungen auf die benötigten räumlichen Teilinformationen wie Höhe und Winkellage des Ramus-Knochens geschlossen werden. Damit liegen zwar keine vollständigen XYZ Daten der nicht-einsehbaren Körperpartie vor, wohl aber räumliche Teilinformationen wie Höhe, Winkelrichtungen usw., welche zur passenden Fertigung des Schaftes die fehlenden Stellen im vom 3D Digitalisierer ermittelten 3D Modell ergänzen.

Erfindungsgemäß wird durch die Befestigung der Meßhilfe unter Druck auf den Ramus-Knochen gleichzeitig erreicht, daß Raumkoordinaten für einen anatomischen Teil gewonnen werden, welcher sich unterhalb des Fettgewebes befindet und damit prinzipiell nicht aus dem auf dem Fettgewebe aufliegenden

markierten Überzug bestimmt werden könnte, auch wenn dieser Bereich einsehbar wäre.

In einer weiteren beispielhaften Ausprägung des Erfindungsgedankens nach Fig. 3 wird ein photogrammetrisch markierter, im Umfang einstellbarer Hilfsring 18 als Meßhilfe über den markierten Überzug 12 in die Position des endgültigen Schaftanschlusses gebracht und dort am Ramus-Winkel ausgerichtet. Durch Anpassung des Durchmessers mit Hilfe einer ebenfalls markierten Gurtkonstruktion 19 wird der Hilfsring an die Oberschenkelweite angepaßt.

Die Markierungen auf der Oberfläche dienen dazu, die Raumkoordinaten und damit die Raumlage des Hilfsringes bezüglich des Weltkoordinatensystems und damit indirekt auch bezüglich des markierten Oberschenkelstumpfes zu bestimmen. Da das 3D Modell des markierten Hilfsringes von seiner CAD Konstruktion her bekannt ist und über die Position der Gurtmarken sein individuell an den Oberschenkel angepasster Durchmesser durch den 3D Digitalisierer bestimmbar ist, kann das in einem CAD Rechner hinterlegte 3D Modell des Hilfsringes 18 leicht auf den individuellen Durchmesser des Patienten umgerechnet werden. Da gleichzeitig die Raumlage des Hilfsringes 18 zum digitalisierten Stumpf 10 bekannt sind, liegen alle 3D Informationen vor, um einen individuellen Prothesenschaft beginnend mit dem Stumpfende und bis zum Ramus reichend automatisch zu fertigen.

Ein weiterer Erfindungsgedanke ist es, den markierten Hilfsring aus semiplastischem photogrammetrisch markiertem Material herzustellen. Dieses Material wird vom Orthopäden wie ein weicher Gips an den Oberschenkel angeformt und behält nach der händigen Verformung seine Raumform zumindestens kurzzeitig für die Dauer der Digitalisierung bei. Der 3D Digitalisierer ermittelt zumindestens für den einsehbaren Teil des Oberschenkels damit diejenige Raumform, welche ein das Fettgewebe komprimierender, endgültiger Schaft einnehmen muß. Der nicht einsehbare Teil wird z.B. wie oben beschrieben durch eine in den einsehbaren Meßraum hereinragende Meßhilfe bestimmt, welche zweckmäßigerweise am

Hilfsring befestigt ist und beispielsweise unter dem Ramus-Winkel in den einsehbaren Meßraum hinein ragt.

Ein weiterer Erfindungsgedanke ist es, das Meßmittel unter Last, d.h. durch die nicht einsehbaren Körperteile belastet, anzubringen. Dies kann bei einer vertikalen Belastung z.B. dadurch geschehen, daß das Meßmittel gegenüber der Bodenplatte, auf welcher der Patient während der 3D Digitalisierung steht, mit Hilfe einer Stütze abgestützt ist. Bei einer radialen Belastung durch beispielsweise die bewußte Kompression des Oberschenkels mit Hilfe einer ringförmigen Meßhilfe wird das Auffangen der Last durch den zum Einstellen des Durchmessers angebrachten Gurt erreicht. In beiden Beispielen wird erreicht, daß die gewünschten Raumkoordinaten unter Körperlast, d.h. ähnlich wie beim späteren Tragen der Prothese, mit dem 3D Digitalisierer ermittelt werden können und damit eine wesentlich genauere Beschreibung der für die Herstellung des angepassten Prothesenteils erforderlichen Raumform liefern als bei einer Digitalisierung eines unbelasteten Stumpfes.

Als zweites Beispiel zur Erläuterung des Erfindungsgedanken wird die paßgenaue Herstellung von Kompressionsstrümpfen oder Kompressionsstrumpfhosen für fettleibige Patienten besprochen. Wir gehen beispielhaft ebenfalls davon aus, daß für das 3D Digitalisieren die „MagicalSkin Scanner ®“ Technologie eingesetzt wird. Bei solchen Patienten ist nach Fig. 4 der Bereich zwischen den Oberschenkeln 20 nicht mehr einsehbar. Für die Maßfertigung bzw. Maßselektion passender Kompressionstrümpfe muß der Umfang der Beine in verschiedenen Höhen bekannt sein. Da die Querschnittsform eines Beines keinesfalls kreisförmig oder elliptisch ist, sind die genauen Umfangsmaße aus einem nur unvollständigen 3D Modell nur ungenau zu ermitteln.

Erfindungsgemäß wird für diesen Anwendungsfall mindestens ein markierter, nicht dehnbarer Gurt 21 verwendet, welcher im nicht-einsehbaren Bereich den Oberschenkel umschlingt. Aus der Lage der Gurtmarkierungen 22 kann sowohl die Raumlage als auch der Umfang über den 3D Digitalisierer ermittelt werden. Damit liegt ein wichtiges Umfangsmaß vor, welches aus dem im Oberschenkelbereich nicht vollständigen 3 D Modell nicht genau ableitbar ist.

Diese drei Beispiele sind nicht einschränkend zu verstehen. Der Erfindungsgedanke erfaßt alle möglichen 3D Digitalisier-Technologien, alle möglichen zu digitalisierende Körper und Körperteile sowohl von Lebewesen als auch von der unbelebten Natur als auch alle möglichen markierten Hilfsmittel, welche
5 geeignet sind, räumliche Informationen aus den nicht einsehbaren Körperpartien in den von einem 3D Digitalisierer einsehbaren Meßraum überzuleiten und welche gleichzeitig mit der Raumform der einsehbaren Körperteilen mit erfaßt werden.

Die Markierungen an dem Hilfsmittel können sowohl aus absolut oder relativ codierten Marken, farbcodierten Marken, durch über bestimmte Hintergrundfarben
10 codierte Marken oder durch eine bestimmte gegenseitige Anordnungen codierte Marken bestehen. Bei 3D Digitalisierern, welche Muster aufprojizieren wie z.B. Streifenprojektions-Digitalisierer oder Laser-Triangulationsdigitalisierer, kann das Aufbringen photogrammetrisch codierter Marken auf das Hilfsmittel entfallen und besondere Formteile des Hilfsmittels wie z.B. sein Rand als Raummarkierung
15 verwendet werden. Das Hilfsmittel muß aber eine ausreichende optische Reflexion besitzen, damit diese aufprojizierten Marken von dem optischen 3D Digitalisierer ausgewertet werden können. Das frei in den Meßraum hineinragende Ende stellt beispielsweise eine von dem 3D Digitalisierer erfassbare Raumposition dar, welche sich in einer bekannten Raumposition zum am Körperteil fixierten Teils der
20 Meßhilfe befindet und bildet daher im Sinne des Erfindungsgedanken eine „Marke“. Damit kann von dieser meßbaren Position im Meßraum auf die nicht-meßbare Position des nicht einsehbaren Körperteils zurück gerechnet werden.

Da auch projizierende 3D Digitalisierer Kameras einsetzen, können von den Kameras miterfaßte kontrastreiche Markierungen am einsehbaren Teil der
25 Meßhilfe genau wie bei nicht projizierenden photogrammetrischen Verfahren hilfreich sein, die genaue Raumposition des sichtbaren Teils der Meßhilfe im erzeugten 3 D Modell zu bestimmen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur optischen Erfassung der Raumform von Körpern und
5 Körperteilen mit teilweise nicht einsehbaren Partien, dadurch gekennzeichnet, daß

- zur optischen Erfassung der Raumform von Körpern und Körperteilen (10) mit mindestens einem 3D Digitalisierer (2) an den von dem 3D Digitalisierer nicht einsehbaren und vermeßbaren Körperpartien formschlüssig mindestens eine formhaltige Meßhilfe (16; 18; 21) so angebracht wird, daß diese in den von dem
10 3D Digitalisierer (2) einsehbaren Meßraum hineinragt, wobei diese Meßhilfe (16; 18; 21) zumindest an einigen Stellen ihrer sich im einsehbaren Meßraum befindlichen Teile mit von dem 3D Digitalisierer auswertbaren Markierungen versehen ist, und wobei diese Markierungen sich in einer bekannten Raumlage bezüglich der übrigen Teile der Meßhilfe befinden;

15 - die Raumlage und die Markierungen dieses für den 3D Digitalisierer sichtbaren Teils der Meßhilfe zusammen mit der Raumform der übrigen, einsehbaren Körperpartien ermittelt wird;

- geometrische Informationen wie Höhe, Winkel, Umfang, Krümmung u.ä. der nicht-einsehbaren Körperpartien aus der gemessenen Raumlage des sichtbaren
20 Teils der Meßhilfe ermittelt werden; und

- diese Informationen zur ergänzenden Beschreibung der wegen der nicht-einsehbaren Partien unvollständig digitalisierten Raumform verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßhilfe (16) aus einem starren Material besteht, welches so an der nicht einsehbaren
25 Körperpartie fixiert wird, daß die Raumlage dieser Körperpartie aus der 3D Digitalisierung des in den Meßraum hineinragenden markierten Teils der Meßhilfe (16) berechnet werden kann.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die starre Meßhilfe (16) eine längliche Form hat und an ihrem einen Ende nach oben abknickt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die starre Meßhilfe unter Druck auf einen Knochen befestigt wird, wobei Raumkoordinaten für einen anatomischen Teil ermittelt werden, der sich unter Fettgewebe befindet.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- die markierte Meßhilfe (18; 21) manschettenförmig ist und den einsehbaren und nicht einsehbaren Teil eines annähernd zylindrischen, nur teilweise einsehbaren Körperteils umspannt, wobei der Umfang der Meßhilfe über einen markierten Gurt (19; 22) so eingestellt wird, daß sie eng an dem annähernd zylindrischen Körper anliegt, und die Position des markierten Gurtes (19; 22) so gewählt ist, daß er in den einsehbaren Meßraum hineinragt; und

- aus der gemeinsamen 3D Digitalisierung des Körperteils, der Meßhilfe (18; 21) und des markierten Gurtes (19; 22) der Umfang des Körperteils an der Stelle der Meßhilfe ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die markierte Meßhilfe ein mechanisch durch Verformung und/oder Veränderung des Durchmessers an den zu digitalisierenden, annähernd zylindrischen Körperteil anpaßbarer Formring ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß

- der markierte Formring zumindestens teilweise aus einem semi-plastischen Material besteht;

- vor der 3D Digitalisierung manuell an die Raumform des zu digitalisierenden nicht-einsehbaren annähernd zylindrischen Körperteils angeformt wird; und

- nach der Anformung zumindest für die Dauer des 3D Digitalisierens diese Raumform beibehält.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zu digitalisierende Körperteil (10) ein Gliedstumpf ist, welcher
5 gemeinsam mit der Meßhilfe digitalisiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zu digitalisierende Körperteil ein durch ein Kompressionstextil zu versorgender Körperteil ist, welcher gemeinsam mit der Meßhilfe digitalisiert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß
10

- der zu digitalisierende Körper oder das zu digitalisierende Körperteil (10) mit einem elastischen, eng anliegenden Überzug bekleidet ist, welcher photogrammetrisch auswertbare Marken aufzeigt;

- das Teil der Meßhilfe, das in den von dem 3D Digitalisierer (2) erfaßbaren
15 Meßraum hineinragt, photogrammetrisch auswertbare Marken aufzeigt, wobei diese Marken so gestaltet sind, daß sie sich mit den Verfahren der Bildverarbeitung und/oder Photogrammetrie von denjenigen des elastischen Überzugs unterscheiden lassen; und

- die markierte Meßhilfe gemeinsam mit den einsehbaren Körperpartien
20 photogrammetrisch digitalisiert wird.

11. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung folgendes umfaßt:

- einen Körper oder ein Körperteil (10) mit teilweise nicht-einsehbaren Partien;

- eine formstarre Meßhilfe (16; 18; 21) mit photogrammetrisch auswertbaren
25 Marken, die an mindestens einer der nicht einsehbaren Partien des Körpers/Körperteils (10) formschlüssig angebracht ist;

- einen optischen 3D Digitalisierer (2), der die Raumform der einsehbaren Körperpartien und zumindest einen sichtbaren Teil der Meßhilfe erfaßt;

- einen Rechner (3), an den Raumkoordinaten übergeben werden, die vom 3D Digitalisierer von den einsehbaren Partien des Körpers oder Körperteils (10) sowie von dem sichtbaren Teil der Meßhilfe (16; 18; 21) ermittelt werden, wobei der Rechner (3) aus der gespeicherten Raumform der Meßhilfe, der bekannten Position der Marken der Meßhilfe bezüglich des am nicht-einsehbaren Körperteils fixierten Teils der Meßhilfe und aus der Raumposition der einsehbaren Teile des digitalisierten Körpers oder Körperteils geometrische Informationen über die Höhe, Winkel, Umfang, Krümmung u.ä. der nicht einsehbaren Körperpartien ermittelt und diese geometrischen Informationen zur Ergänzung der wegen der nicht-einsehbaren Partien unvollständig digitalisierten Raumform verwendet.

Zusammenfassung

Optische Erfassung der Raumform von Körpern und Körperteilen mit optisch teilweise nicht einsehbaren Partien

5

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur optischen 3D Digitalisierung von Körpern und Körperteilen beschrieben, welche nicht einsehbare und daher vom 3D Digitalisierer nicht erfassbare Partien aufzeigen. Ein mechanisches Hilfsmittel wird an diesen Partien fixiert und ragt in den vom 3D Digitalisierer einsehbaren Meßraum hinein. Es ist an diesem einsehbaren Teil mit Marken versehen und wird gleichzeitig mit den übrigen, einsehbaren Körperteilen digitalisiert. Aus der Raumlage der Markierungen dieser Hilfsmittel kann auf wichtige geometrische Informationen der nicht einsehbaren Teile wie deren Raumlage, Umfangsmaße usw. zurückgerechnet werden und damit das an diesen Stellen unvollständige 3D Modell des Körpers oder Körperteils ergänzt werden. Es werden

10

15

zwei Anwendungen aus der Orthopädie beispielhaft beschrieben.

(Fig. 2)

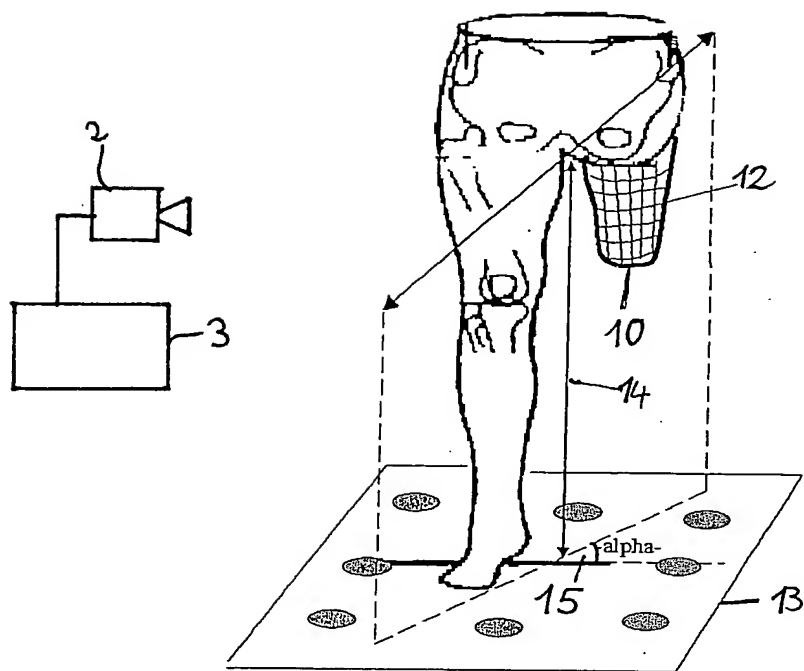


Fig. 1

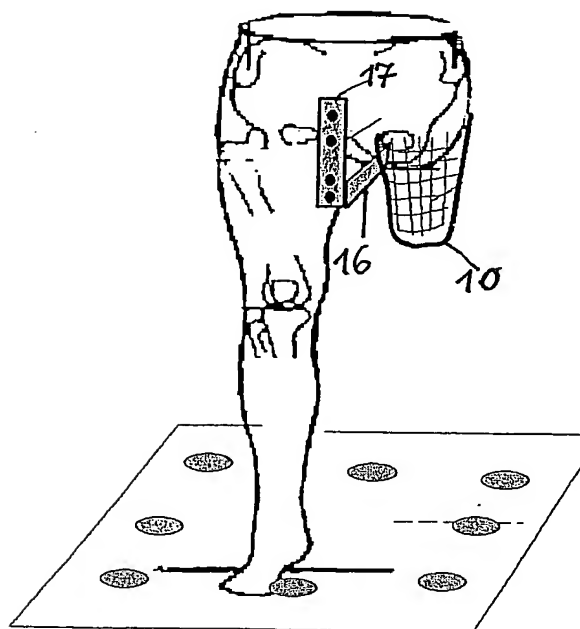


Fig. 2

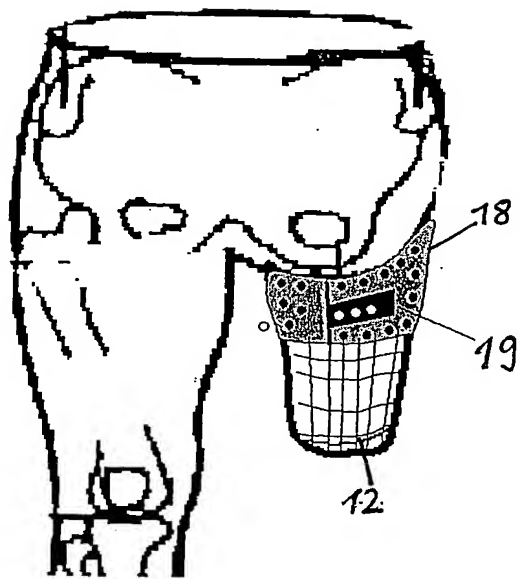


Fig. 3

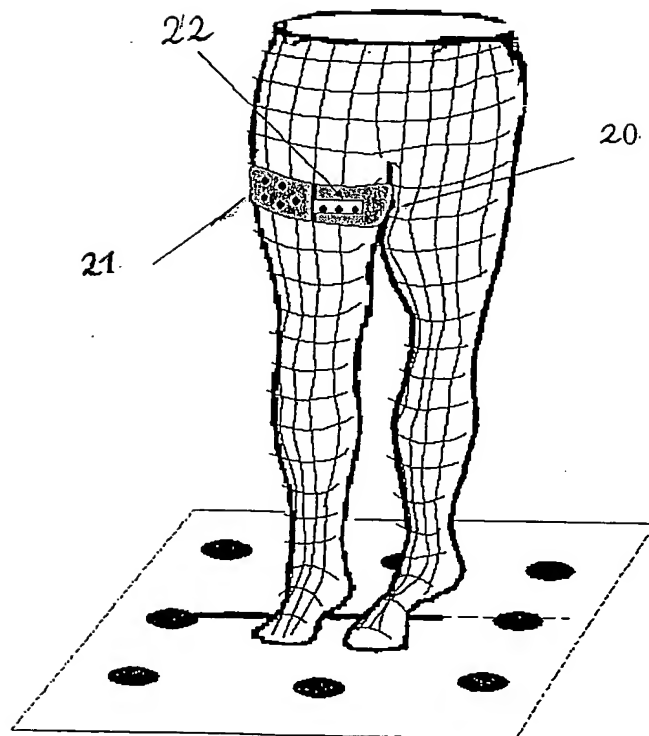


Fig. 4